ISSN 1017-0863

農業部農業試驗所

技術服務 季刊

2025年3月
第36卷第1期

141
Vol.36 NO.1

鳳梨集貨包裝場新型設施與設備及運作流程介紹
臺灣切花出口澳大利亞之儲運資訊與消費市場調查
精準農業新篇章：斜紋夜蛾自動監測技術應用進展
菇類栽培後資源物作為生質燃料之潛力評估
國家溫室氣體排放清冊報告之農業土壤排放源介紹

Technical Service Quarterly Bulletin
Taiwan Agricultural Research Institute

農業部農業試驗所技術服務季刊

Taiwan Agricultural Research Institute, Ministry of Agriculture, Technical Service Quarterly Bulletin. (Tech. Serv. Q. Bull. TARI)

第36卷第1期

中華民國114年3月出版

農業科研創新與加值的領航者

產業全方位技術方案的提供者

封面說明：本所參加農業部所屬機關113年度績效評核，榮獲試驗機構及中心組第1名殊榮(詳情請見本期第29頁)。

◎圖/文 人事室 產服中心

目錄 Contents

園藝作物

■鳳梨集貨包裝場新型設施與設備及運作流程介紹

唐佳惠 官青杉 李柔誼 1

■臺灣切花出口澳大利亞之儲運資訊與消費市場調查

邱亭瑋 吳承軒 蔡明軒 戴廷恩 7

應用動物

■精準農業新篇章：斜紋夜蛾自動監測技術應用進展

江明耀 陳柱中 蔡正國 陳琦玲 13

循環農業

■菇類栽培後資源物作為生質燃料之潛力評估

黃棨揚 呂昀陞 17

淨零排放

■國家溫室氣體排放清冊報告之農業土壤排放源介紹

黃家康 22

新聞訊息

■避免氣候變遷加劇稻熱病威脅關鍵防治時機在苗期

陳繹年 蔡志濃 28

■狂賀農業試驗所榮獲農業部113年度績效評核-試驗機構及中心組第1名殊榮！

人事室 產服中心 29

農業部農業試驗所技術服務季刊

出 版 者/農業部農業試驗所

創刊年月/民國79年3月

發 行 人：林學詩

總 編 輯：陳淑佩、呂椿棠

執行編輯：黃淑華

地　　址：台中市霧峰區中正路189號

網　　址：https://www.tari.gov.tw

電　　話：04-23302301~5

農民服務專線：04-23317456

技術服務季刊電子書：■本所學術典藏系統

■HyRead電子書平台

政府出版品展售門市：

■國家書店松江門市：台北市中山區松江路209號1樓

電話：(02)2518-0207

■五南文化廣場台中總店：台中市西區台灣大道二段85號

電話：(04)2226-0330

■五南政府出版品物流中心：台中市北屯區軍福七路600號

電話：(04)2437-8010

政府出版品網路門市：

國家書店網路書店：https://www.govbooks.com.tw

五南文化廣場網路書店：https://www.wunanbooks.com.tw

版權所有、轉載須經本所同意

定　　價：NT 50 元

GPN：2007900008

ISSN：1017-0863　　NT$50

承 印 者：農世股份有限公司

台中市漢口路3段55巷21號　04-22932036

農試所官網　農試所學術典藏　農試所臉書粉絲團

鳳梨集貨包裝場 新型設施與設備及運作流程介紹

農試所嘉義分所 唐佳惠 官青杉 李柔誼

一、前言

不論是用於國內市場銷售或做為鮮果外銷的鳳梨果實，均需進行妥適的採收後處理作業，將原始收穫物轉變為具備販售價值的商品。採收後各流程操作之優劣，不但直接影響鳳梨鮮果商品的損耗比例，亦攸關鳳梨果實品質變化、耐貯性及商品價值，以目前臺灣銷日鳳梨鮮果為例，果品運抵零售目的地後，偶有冠芽黃化、果皮轉色異常、果梗切口污斑、果肉水浸狀和褐化、果心褐變及果實腐爛等問題，不但失去商品價值，更嚴重影響商譽而增加外銷拓展之阻力。前述問題之發生，除卻供果品質掌控不足(最重要因子)之外，採後處理流程掌握度不夠精準，亦為衍生諸多品質問題的重要原因之一，例如果實受傷引起貯運後品質劣變；此外，集貨包裝場設施(備)不夠理想，例如國內包裝業者時常先有集貨包裝場建築物，再因陋就簡依場地現況東拚西湊擠入硬體設備，不但影響處理成效與包裝量能，更直接影響終端－販售時果實品質的穩定性。

為有效減少鳳梨集運包裝流程損傷並使作業標準化，以期順利拓展內、外銷市場，本文介紹目前國內集貨包裝場尚未普及之設施(備)與運作流程，作為供集貨包裝業者擴大或改善包裝場時參考之用。

二、鳳梨集貨包裝場地需求及設備配置

集貨包裝場係將農作收穫物轉變為具商品價值-農產品的場域，外銷用鳳梨果實將在此處歷經直至裝櫃的採收後處理流程，因此，場域需依經營規模及包裝量能取得足夠作業面積及高度，並規劃合宜的作業動線。目前國際上，若以每天可達160至250噸包裝量能的蔬果集貨包裝場，依設施(備)配置及動線規劃之所需，其場域總面積約0.7至2.5公頃，硬體設施(備)所占面積則約需0.25至0.75公頃；於國內實際申請農業設施容許使用時，可依據經營需要、包裝量能，以及硬體設施(備)之規格，在符合農業產銷必要設施之建蔽率規定下予以調整。一般鳳梨果實集貨包裝場應具備之設施概可分為下列數項：

作　　者：唐佳惠副研究員
連絡電話：05-2771341-3152

(一)果實進場暫置空間

此區域最好為室內或有遮陰設施(至少需有遮光網能遮罩空間)，如規劃為室外且無遮陰設施，則果實需能於0.5至1小時內完成進場。此區域之考量重點為避免果實升溫及避免累積呼吸熱，以免腐敗微生物之生長與繁殖，甚至加速果實腐損。水選槽並非集貨包裝場必要設施，視集貨包裝場的果實選別方式而定，只有採用水選方式之場域需要設置，如設置有水選槽，則需遮陰。

(二)包裝作業區

一般本區含括果實選別、清潔消毒、分級及包裝等流程。規劃各流程作業區塊時，需依據經營需要及包裝量能選擇適用的設施(備)，作業動線需兼顧效率與便利性，各作業區塊加強管制，降低非必要人員進出，以提升作業之流暢度，避免盛產期因處理量能不足而影響果實品質。作業區宜保持在作業人員舒適且有助於維持果實品質之溫度範圍，工作臺高度及產線配置需方便工作人員站立作業，作業人員宜穿著制服，以便辨識及管制。

圖一、雙門式入口(附鞋底消毒池)及洗手設備等附屬設施。

(三)包裝資材存放區

鳳梨果實貯運時使用之包裝材料視目標市場而定。目前外銷以瓦楞紙箱為大宗，近年有銷日業者推動使用循環物流籃，實際作業時由包裝場裝載完成後，交付跨境物流業者運送，再由物流籃租賃公司於日本進行回收、清洗與運送回臺；而內銷市場多數採塑膠籃裝運，部分採瓦楞紙箱包裝。不論是塑膠籃或瓦楞紙箱，在集貨包裝場內都應該有乾淨而衛生的場地放置，避免清潔度不佳或帶有不安全的物質經由包裝容器污染果實，尤其是瓦楞紙箱等包裝資材，另有油墨成份問題需注意。除維持資材存放區的環境清潔及衛生外，應以有形方式進行隔離，並防止粉塵等污染。

(四)冷藏暫存區

目前國內具規模但使用年限已久的集貨包裝場，有些不見得配備有冷藏庫，部分場域已陸續建置新場，或可陸續解決包裝前後果實冷藏暫存問題，且可兼作室內風冷之預冷場地，但需考量預冷用庫與冷藏用庫有風速等條件不同之差異，務需事先妥善規劃。為節省人力，冷藏暫存區以配備堆高機(動力來源為電動)為宜，便於移動包裝前後之鳳梨果實。

(五)貨櫃碼頭

設有貨櫃碼頭的包裝場，有利於貨櫃裝載作業時以堆高機直接將堆疊於棧板之鳳梨包裝箱，自冷藏暫存區移入貨櫃，提高裝櫃效率。

(六)其他附屬設施

例如員工用餐及休息區、衛生設備(施)及污染防治處理區等(圖一)。

三、各運作流程適用設施

(一)銜接果園與集貨包裝場

1. 果園集貨

目前國內具規模的鳳梨農場採收作業時，有些會利用履帶車或小型搬運車(部分可加裝移動式吊臂)，將採下的果實集運至果園的田間道路或貨車上；小農則通常在果實採摘(或刀割採收)後，以採收容器將果實背負至集貨位置。前述集貨作業如非採用集貨斗(箱)裝盛果實，則採果作業時需有一輛貨車在果園等候，不利經營規模較大者的車輛及人員調度。為提高作業效率，可利用塑膠或鐵製貨斗(箱)(圖二)採顏色管理或編號設計等方式，區分供應農場、田區或栽培者，便於後續管理。果實置入貨斗時可利用冠芽做為緩衝，且排放整齊不留空隙，避免後續於運送過程因果實搖晃碰撞而造成擦壓傷，如採用水槽進行水選之集貨包裝場，則集貨斗(箱)之規格需配合水選槽之大小。

圖二、可利用塑膠或鐵製貨斗增加集貨運輸效率。

2. 集貨包裝場卸貨

鳳梨集貨包裝場如能在果實集貨運輸時，採用場域自定之規格化集貨斗(箱)，並在進場處設置大型地磅站(圖三)，則可在果實進場時利用地磅站快速稱取重量，並鏈結各供果園完整果園資訊及品質抽查資料，有效收集農場各生產小區或契作農戶之產量及產品追溯等

圖三、在進場處設置大型地磅站，可於集貨包裝場鏈結收集果園產量資料。

事宜，此外，採用貨斗(箱)進行集果者，於果實進場時可利用堆高機等機械輔助搬運，不但提高作業效率亦可減輕作業人員承重負荷。

(二)果實包裝前處理

1. 果實水選及清潔消毒

如為採用水選清潔之包裝場，在果實倒入水選槽的環節可利用堆高機將集貨斗(箱)置於升降機，藉由升降機將集貨斗(箱)沉入水中，鼓聲果會浮在水面上，透過水流將鳳梨果實向前推移，待果實接近輸送帶即可進入產線移轉到包裝區域；而肉聲果則沉入水底暫存，待當批次包裝完畢再行取出。一般水選池會加氯或加入業者自己的商業配方，以進行處理與消毒，每小時至少需檢測水質1次並進行監控，若有污染疑慮需立即更換選別池用水。

圖四、集貨包裝場可於分級流程包含果重及果實外觀品質影像辨識系統。

如非以集貨斗(箱)裝盛，且採敲擊果實聽取反射音之方式進行選別者，目前多為人工徒手搬卸(將果實自貨車卸下或自集果籃拿取)，作業時再次區分合格果與不合格果，不合格果通常併同肉聲果做為加工之用，另外裝箱等待後續處置；而合格果中的鼓聲果則會進入分級作業。

2. 二次選別及分級

經過選別清潔區之果實，在輸送帶上以人為手動再次選別，剔除瑕疵果同時去除果實基部多餘葉片，必要時刷除異物。此項人為選別作業係依據包裝量能進行人力調配，一般約需6至14人。此區域亦為處理果實傷口的前置作業階段，主要工作乃調整鳳梨果實在輸送帶上的擺放方向，一般是控制果實基部(果梗)朝外，以便下一階段(果實上蠟及消毒步驟)可順利進行。

有些鳳梨集貨包裝場會在分級流程中導入影像及重量判別系統(圖四)。影像判別的核心關鍵在於可以綜合考慮各項品質因子，例如果實冠芽是否異常，果實外觀是否整齊，果實長度、直徑及重量等資訊是否符合規範。不符合標準的果實會在通過最後一道查核點時被排除；而符合標準的果實則依據銷售對象按級別劃分於產線上之去向。

3. 去除果實表面多餘水份、上蠟及風乾

如採用水選作業之集貨包裝場，需於水選後先排除果實表面多餘水分，以

利上蠟階段蠟液能均勻附著於果實表面，同時避免稀釋蠟液濃度，以確保達成上蠟之目的。一般國際大型集貨包裝場採水蠟以水簾沖淋方式塗佈於果實表面，且同時進行側面噴塗以覆蓋果實基部，多餘溢流之水蠟則循環過濾回收使用，上蠟作業會避開果實冠芽。

上蠟後需進行多段強風吹乾果實表面蠟液，防止果實表面殘留過多蠟液，影響後續包裝作業及貯運時之紙箱強度。

(三)果實包裝、暫貯與出貨

1. 包裝及棧板作業

目前臺灣外銷鮮果包裝用紙箱多為重量為10kg之規格，每箱果實數量介於5-12果，各紙箱中至箱內頂部之高度差異，於不同裝果個數間約在1-1.5英寸之間，可考慮高差間隙是否填充緩衝資材。包裝完成後進行打棧板作業，每層棧板放置5箱，每棧板最多可堆疊90箱。為增加棧板上紙箱排列之穩定性，最底層的5層宜採用強化紙箱。如為導入循環物流籃之包裝集貨場，因係重複使用故能降低包裝資材之成本。

目前國際大型集貨包裝場可導入自動打棧板之設備(圖五)，利用機械手臂及棧板作業平臺取代人工堆疊，不但可減輕人力負荷、提高作業效率，亦可減少因人力疲憊衍生作業疏失，使果實產生不必要之碰撞傷害。

2. 預冷及冷藏

目前國際大型鳳梨集貨包裝場，有些預冷作業採用風速較強的冷藏庫進行室內風冷 (圖六)，並做為短時間暫儲之用，亦即待包裝完成打棧板後，將整棧板移入12℃冷藏庫中放置，等待後續裝櫃作業。除了室內風冷預冷外，如採用側吸式或頂吸式壓差預冷，完成後再移入冷藏庫暫存者，因每批次預冷作業時間約需2-3小時，宜依集貨包裝場之出貨量能，評估所需設備數量，避免影響出貨效率。

圖五、利用作業平臺及機械手臂進行打棧板可節省人力投入。

3. 出貨

於集貨包裝場配置貨櫃碼頭，在裝櫃作業時可利用堆高機輕鬆將整棧板移入貨櫃，不僅提高整體作業效率，亦確保果實貯放與轉運過程作業順暢。

四、結語

目前臺灣的鳳梨集貨包裝場，在規模、設施與設備及包裝量能等方面，都有很大的差異，有些即使具備外銷實績的包裝場，其場域僅簡易鐵皮屋內放置簡單的選果平臺，以大量的人力直接進行空氣噴槍吹氣清潔、過秤分級、包裝及裝櫃，也就是說場域雖具集貨功能，然不論是從場域內自污染到清潔區的動線規劃，或者是有害生物的管理，甚至包裝前後均未進行溫度管理等，遑論徹底解決外銷鳳梨遭受燻蒸比例過高的問題；反觀國際大型集貨包裝場，不但有良好的包裝場動線配置，整體動線流暢，且環境明亮、整齊且乾淨，甚為注重場域清潔度。場域中的作業人員穿著制服配帶頭巾，充分的人力配合機械化，作業效率高。有些場域還導入非破壞性電腦影像及重量分級系統，分析各項品質指標，並依市場需求區分11-16級，此類嚴格的分級標準有助降低人為作業之誤差等，均值得臺灣借鏡。

圖六、已完成棧板作業後以堆高機移入壓差或風速較強的冷藏庫進行預冷及暫貯。

雖國際水果貿易市場之鮮鳳梨主力品種為MD2，因果實特性適合水選及水洗清潔，因此，即使供應MD2鮮果的生產國，會視國際市場距離不同而有地區上的配置，例如菲律賓以供應亞洲市場為主，哥斯大黎加以供應歐美市場為主；然多數國際大型集貨包裝場採用水選、水洗清潔、消毒、上蠟及冷鏈處理等，不但作業標準化且供果品質穩定，櫥架期亦較長；但因MD2之果實特性與國內主要栽培品種(台農17號)有所區別，故而國際上普遍應用之處理流程是否能夠於臺灣複製使用，尚待進一步測試與驗證。唯採用目前國際大型集貨包裝場已普及的設施(備)，並使採後作業標準化，對於穩定臺灣主要外銷品種-台農17號之供果品質，仍具備正面意義；因此，解決集貨包裝設施與設備相關問題仍為當前刻不容緩之議題，祈望各方均能多加重視。

臺灣切花出澳大利亞之儲運資訊與消費市場調查

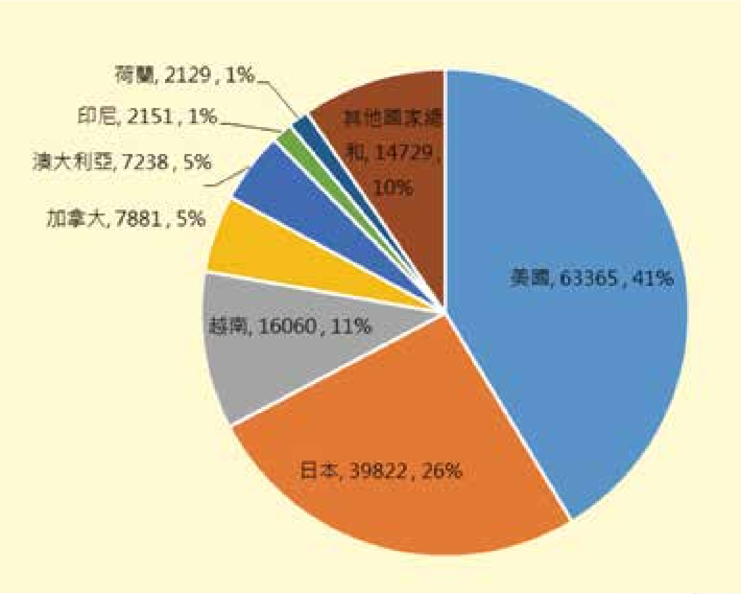
農試所花卉分所 邱亭瑋 吳承軒 蔡明軒 戴廷恩

一、前言

蝴蝶蘭是臺灣最重要的出口花卉之一，主要以國內生產的種苗抽梗植株及切花等形式空運或海運至全球，主要市場為美國、日本等。在2019-2023年，臺灣每年蝴蝶蘭平均外銷金額約在132,291-165,507千美元之間，其中對澳大利亞的出口額為5,454-8,739千美元，穩定排名臺灣蝴蝶蘭外銷的第五大國(圖一)，顯示其重要性（農業部統計資料，截至2023年12月）。

臺灣自2011年成為澳大利亞首個獲准蝴蝶蘭帶介質輸入的國家，主要出口種苗，隨後栽培至開花株販售，而切花方面，近年來澳大利亞也成為臺灣蝴蝶蘭切花出口的新興市場。由於澳大利亞沒有花卉拍賣制度，無法得知確切的銷售數量、種類及年營業額等官方統計數字，但可從臺灣對澳大利亞的種苗出口量推測蝴蝶蘭接力生產產業持續成長。

除了蝴蝶蘭種苗，蝴蝶蘭切花與其他切花如火鶴花、文心蘭、大花蕙蘭、仙履蘭等，也逐漸在澳大利亞打開市場，面對國際市場的競爭，如何保持良好品質及穩定供貨也考驗著我國切花生產及外銷業者在栽培、採後處理及貯運技術的改良與精進。



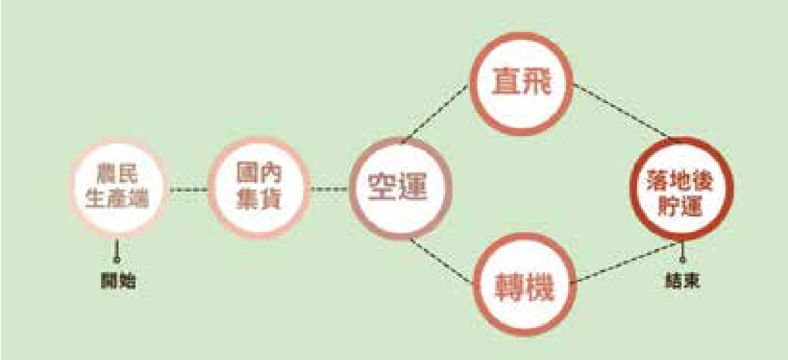
圖一、2019-2023年蝴蝶蘭外銷各國家平均金額(千美元)。

作　　者：邱亭瑋助理研究員
連絡電話：05-5828156

本次執行新南向及南半球蝴蝶蘭海外生產技術服務研究計畫，透過與蝴蝶蘭產業及其他切花產業之公私部門合作，進行外銷過程環境試驗調查以確認種苗品質產生客訴的主要因素，並提出可行的解決方案，針對目標國的栽培模式、病蟲害管理及到貨品質問題，利用當地的環境參數，提供管理決策建議，可望建置完善的售後服務模式，期待能擴展臺灣花卉國際貿易的深度與廣度，達到雙贏的效果。

二、蝴蝶蘭切花出口澳大利亞作業流程及溫度變化

農產品的到貨品質是外銷的重要考驗之一，其影響因子涵蓋了運輸的時間、貯運環境以及植株貯運前的處理技術等，尤其花卉作物的外銷品質以外觀和觀賞壽命為主，極易受到運輸影響。以蝴蝶蘭種苗外銷至他國接力栽培為例，常遇到後續栽培之環境、肥培、病蟲害而影響植物生育、生理等問題，若業者無法及時解決，易引發客訴，進而成為商業危機，削弱國際市場競爭力，因此技術服務需求迫切。



圖二、出口外銷澳大利亞作業流程圖。

從臺灣出口花卉產品至澳大利亞會經過一連串的物流過程(圖二)，其中維持適當且穩定的溫度條件對於花卉品質管理相當重要，透過了解不同運輸階段溫度變化，可推論影響到外銷花卉的品質關鍵因素。

1. 國內集貨

蝴蝶蘭切花從臺灣外銷至澳大利亞雪梨之國內過程途經農民端、貨運公司收貨、機場等階段，蝴蝶蘭於航班前一天由貨運公司直接收貨後送往機場。如果當次貨量較少，貨運公司可能會先返回集貨場與國內其他花卉一同集貨後再發車。

2. 空運及貯運-雪梨

以本次調查為例，航班於2024年1月20日22點起飛，溫度記錄器顯示1月20日與21日的航班，從臺北(TPE)至新加坡(SIN)再至雪梨(SYD)的過程中，出現了明顯的溫度波動。在轉機期間，如在新加坡樟宜機場，貨物通常會儲存在機場倉庫。到達雪梨後溫度上升，這可能來自於飛機轉移至倉庫期間暴露於外部溫度所致。抵達雪梨後的溫度驟降至約15℃，說明產品可能已被轉移至業者的冷藏儲存區，本次考察也參觀了幾位主要客戶自有的冷藏庫，與其溫度相近。一般來說，星期天(1月21日)到貨的貨品會在星期

二(1月23日)進行檢疫，檢疫完成後會直接送往雪梨花市，到達花市的時間通常為下午15-16點。

3. 空運及貯運-墨爾本

蝴蝶蘭切花空運輸往墨爾本，1月17日起飛前桃園機場附近氣溫最高達25.4℃，而切花包裝箱內溫度約20℃，顯示貨物上機前沒有長時間於機坪受陽光曝曬。當日14點10分該批貨物從臺北起飛，18點55分降落新加坡樟宜機場等待轉機，5小時30分後再次起飛，經7小時25分於當地時間7點50分抵達墨爾本機場，再由當地進口業者運回其倉庫理貨。數據顯示從臺北起飛至落地後進口業者收貨，箱內溫度均介於19.6-21.2℃。回顧貯運過程，在新加坡待機時當地氣溫均高於25℃，貨物存放處應有空調降溫，而抵達墨爾本時當地氣溫介於11.2-21.6℃，進口業者接應貨物時應有妥善處置避免夜間溫度過低。整體貯運過程各階段有良好控溫，使溫度維持穩定。臺灣時間1月19日10點後溫度記錄呈日夜週期變化，此時貨物應處於批發展售階段，溫度可高達27℃，並非適宜的蝴蝶蘭切花存放溫度。

三、百合與仙履蘭切花出口澳大利亞作業流程及溫度變化

不同的花卉品項，因為生產、包裝與集貨地區的不同，可能在貯運過程的溫度環境變化也會有所差異，為了進一步了解，本次與百合、仙履蘭切花業者及貿易商合作，調查自臺灣中部地區集貨北上並外銷至澳大利亞雪梨過程中的溫度變化。就臺灣晚上22點航班為例，前一日白天或午後需於各地完成包裝、集運，入夜後開始前往臺北花市及機場。一般約在航班前一日的夜晚23點左右會到達機場的集貨碼頭，等待至起飛前約3-4小時開始移動進入到戶外的管制區域。

1. 國內集貨

以百合及仙履蘭包裝箱內的溫度記錄來看，在航班前一日(1月19日)中午至當夜23點前的溫度波動，大致屬於中部地區國內集貨運輸與前往機場的波動，在冬季可能在21-23℃左右。在夜晚23點後至航班當天(1月20日)晚上19點-20點左右，此期間在機場集貨碼頭台車上的溫度約為18-22℃，其中進入管制區前2小時，溫度有小幅的上升約2℃，其原因尚待研究。在起飛前約3-4小時於管制區期間，因冬季晚間戶外低溫的緣故(此時桃園蘆竹測站溫度約15-16℃)，溫度由21℃左右下降至約14-15℃，顯示現行包裝下，在管制區的產品極易受到戶外環境溫度的影響，此影響時間可能達3-4小時。

2. 空運及轉機

班機起飛後，有一定程度的控溫，產品因包裝的關係，溫度緩慢升高，在桃園機場至新加坡樟宜機場約4.5小時的航程中，約由14-15℃逐漸升高至21-22℃。在新加坡樟宜機場等待轉機的期間，由凌晨2點多至上午10點多，大約8小時，由記錄可見溫度由約22℃逐漸下

降至18-19℃左右， 而新加坡當日溫度約23-33℃，顯示貨物被貯放在控溫下的場域。下段航程由新加坡至雪梨，自1月21日上午10點30分至下午18點20分左右，約8小時，在此期間，前4小時溫度先由18℃左右穩定上升至約23-24℃，後4小時則趨緩維持在該溫度範圍。

3. 落地後貯運

1月21日到貨後，由於當日是周日，需待當地週二檢疫後再送至雪梨花市，大約36小時左右的時間貯放在當地暫時的倉儲，根據溫度記錄，前10小時溫度約22-24℃，經過一段波動後，接下來的36小時約在22-23℃，推測可能有場域或環境的轉換，但溫度皆相當穩定。1月23日檢疫當天凌晨前後，溫度由22-23℃ 開始驟降約3小時至12-16℃，之後回升至22-23℃，期間亦有溫度波動，研判是轉移至冷藏庫進行人為作業後再移回22-23℃的環境。檢疫當日的上午9點至下午14點左右，開始有溫度的波動，約在22-24℃，隨後升高至28℃左右，研判是檢疫完成後陸運至花市及後續展售之環境。

綜觀本次冬季調查整個貯運流程，從航班前一日中午集貨到外銷目標地展售前的4-5日內，溫度波動約在14-24℃間，對切花來說雖非最理想的環境，但短時間內仍是安全的溫度範圍，不會對切花品質有嚴重的影響。另一方面，以人為控溫與否來看，轉機及目的地機場的環境是可信賴的，溫度記錄顯示皆在控溫的環境下，然而，在國內機場的管制區，可能會有3-4小時的戶外環境，記錄顯示現行的切花箱內溫度在此極易受影響。根據桃園機場網站航班資訊，臺灣直飛澳洲及墨爾本的航班幾乎都是夜間23點多，在夜間較無管制區日曬高溫問題。若經由轉機，常見的有經香港或新加坡，兩種路線航班在全天多個時段航班皆有。由於臺灣端在上機前的3-4小時較無控溫環境，容易受到高溫影響，因此若經由轉機航班，建議選擇起飛時間在夜晚22點至上午6點之間的航班，確保產品不受日曬高溫的影響。

四、澳大利亞花卉產銷現況

在澳大利亞，鮮切花全年生產，高峰期分別在二月的情人節、五月的母親節，以及十二月的聖誕節前後。而在疫情之後，華人農曆年節期間的花卉銷售量有提升的現象。大部分澳大利亞生產的切花來自維多利亞州，切花的生產主要分為三種不同的栽培系統，玻璃溫室約3%、塑膠隧道式棚架約10%、傳統栽培則約為87%。澳大利亞是新鮮切花的淨進口國。截至2023年6月，澳大利亞出口切花價值約930萬美元，進口則達約1.03億美元(圖三)。2023年澳大利亞進口切花量最多的國家為馬來西亞，出口最多的國家則為美國，花卉品項進口量多寡以雪梨為例，依序是玫瑰、菊花、蝴蝶蘭，蝴蝶蘭雖數量較少，但價格高於前兩者許多。澳大利亞花卉市場以新奇多樣化為訴求，對於新穎商品接受度高，雖然蝴蝶蘭過去在澳大利亞銷量

趨勢上升，但進口業者認為現今市場對蝴蝶蘭已趨於熟悉，喪失新穎特殊性，需求漸飽和，反之火鶴花之需求逐漸上升，因此可視澳大利亞為臺灣火鶴花之利基市場(圖四)。

五、澳大利亞花卉拍賣市場

雪梨市場(Sydney Markets)(圖五上)內包含批發果菜、花卉兩區，每日營運，而國外進口貨物則是週一、三、五到場，一般會在週三到貨然後在週間賣完，因此週三的花材最為新鮮。市場內有五間批發商銷售臺灣切花，包含蝴蝶蘭、文心蘭、仙履蘭、火鶴花等。墨爾本市場(Melbourne Market)(圖五下)每週二、四、六營業。進駐廠商需同時為生產者才具有營業資格。與雪梨花市銷售形式大相逕庭，墨爾本花市不開放一般民眾入內購花，進出亦有嚴格管制如人員登記、酒測等，市場內人潮不若雪梨市場，多為固定客戶及訂單的銷售模式。

圖三、澳大利亞近5個年度的切花進出口情形(以出口為正值，進口為負值，單位：百萬美元)。

圖四、臺灣蝴蝶蘭、文心蘭及火鶴切花於澳大利亞雪梨市場銷售情形。

此外，澳大利亞塑膠軟盆已開始徵收丟棄處理費，部分花店外也設置塑膠袖套回收區，之後這些消耗品如塑膠袖套、保鮮管丟棄時，有可能收取相關費用。這些現況可看出未來在相關環保議題上澳方應會有更多的作為，若以澳大利亞為目標市場需多加留意環保政策所帶來的影響。

六、未來研究方向及展望

由本次調查可以發現，國外如新加坡樟宜國際機場有相對穩定的物流系統，國內目前則較倚靠業者對航班的選擇，但機場系統作業流程及記錄一般業者難以了解，本次調查的溫度記錄得以提供淺略的一瞥，大致掌握貯運流程的溫度管理，但仍有外銷業者反應透過不同航班的貨品，品質有極大的差異，原因不明，仍待後續研究。

未來可持續努力改善產品運輸過程中的溫度管理和物流效率，以提升臺灣花卉外銷至澳大利亞的競爭力；而農業研究機構則可以扮演關鍵的技術角色，透過與產業和冷鏈物流合作，開發更先進的溫度控制技術或包裝處理，以減少運輸過程中的溫度波動，降低耗損。另外可以針對當地的檢疫要求、市場需求及國家環保政策，執行相關的研究計畫，加強雙方的技術交流，同時促進臺灣花卉產品的國際品牌形象。透過這些策略性的研究和合作，未來臺灣有望在全球花卉市場中保持領先地位，並為產業提供強而有力的技術支持。

圖五、上為澳大利亞雪梨市場內銷售情形；下為墨爾本市場內銷售情形。

七、參考資料

農業部統計資料: https://agrstat.moa.gov.tw/sdweb/public/trade/TradeCoa.aspx

臺灣氣象資料: codis.cwa.gov.tw

新加坡氣象資料: www.accuweather.com

澳大利亞花卉進出口情形: https://www.horticulture.com.au/

精準農業新篇章：斜紋夜蛾自動監測技術應用進展

農試所應動組 江明耀　農試所農化組 陳柱中 蔡正國 陳琦玲

一、前言

斜紋夜蛾 (*Spodoptera litura*) 是我國農業上的主要害蟲之一，為鱗翅目夜蛾科的廣食性害蟲，危害對象包括蔬菜、雜糧及豆類在內的多種經濟作物，幾乎所有綠色蔬菜都可能受到其侵害。這種害蟲的幼蟲食量驚人，當田間食物來源充足時，斜紋夜蛾能夠快速繁殖，每隻雌成蟲平均可產卵400至1,000顆，繁殖能力極強。根據長期密度監測調查及田間蟲害發生狀況，顯示每年6月至11月間斜紋夜蛾侵害農作物的問題較為嚴重，尤其在10月至11月的高峰期，可能爆發局部地區蟲害疫情，對作物的產量和品質造成了嚴重影響，進而影響農民的收益，甚至蟲數氾濫溢出田區而爬上道路或入侵民宅，造成民眾驚恐。

二、田間資訊輔助蟲害防治的重要性

為了有效控制斜紋夜蛾的數量，農民通常採用多種防治手段，包括使用誘蛾燈捕捉成蟲、利用性費洛蒙誘殺雄蛾，以及大規模噴灑化學農藥等措施。這些方法中，化學農藥防治是直接且效果顯著的手段，因此成為田間主要的防治方式。然而，若缺乏足夠的田間資訊輔助化學防治精準施用，容易導致農藥使用過量，不僅增加了成本，還可能有農藥殘留，進而引發食安的疑慮。因此，如何在確保農藥使用效果的同時，減少其對環境和食品安全的負面影響，成為了一項重要課題。

基於此背景，田間害蟲數量的即時監測顯得尤為重要。如果能在栽種區域佈署斜紋夜蛾的偵測裝置，農民便能掌握蟲害的發生趨勢和空間分布，根據即時監測資訊進行精準防治，從而有效減少農藥的使用量，降低農藥殘留風險。同時，還可以透過即時監測系統提供早期預警，幫助農民及時採取措施，減少蟲害對農作物損害的風險。

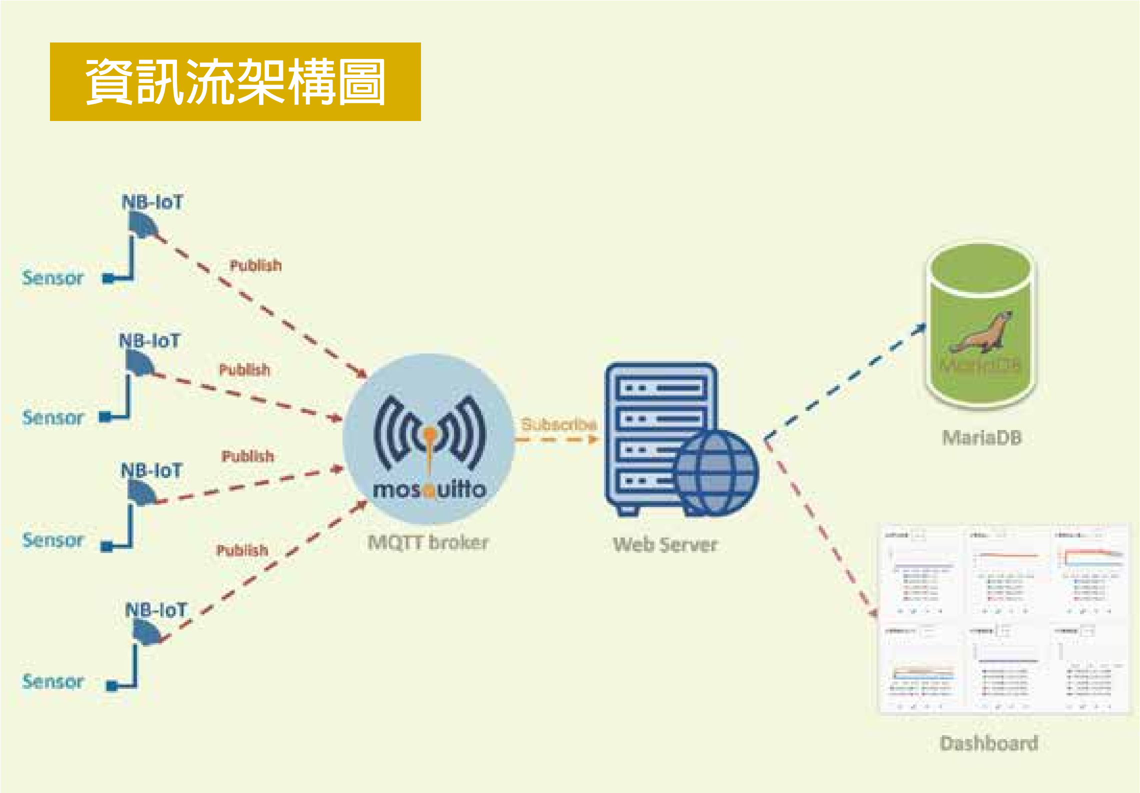
三、即時自動監測裝置的開發與應用的技術

為應對此一需求，農業試驗所以傳統性費洛蒙誘蟲器為基礎進行改良研

作　　者：江明耀助理研究員
連絡電話：04-23317633

發，開發出自動監測裝置。當斜紋夜蛾被監測裝置誘引進來後，這個裝置內置的紅外線感測器可以精準感測斜紋夜蛾通過的次數，並利用微控制器來處理信號和累計斜紋夜蛾的數量，達到自動計算誘捕數量的功能。並通過無線網路傳輸技術將監測數據傳輸到雲端資料庫，進行儲存及後續應用。此外，為了便於田間使用，該裝置主要依賴太陽能供電，無需透過電力網路，因此可以靈活設置於田間，而不受限於市電的供應。

在實際應用中，該裝置利用性費洛蒙的專一性誘引力來引誘雄性斜紋夜蛾。誘蟲器部分採用傳統的性費洛蒙監測陷阱，通過物理性結構設計，讓斜紋夜蛾一旦進入陷阱後，便無法逃脫，最終落入底部的收集桶(圖一)。為了準確計算進入陷阱的斜紋夜蛾數量，誘蟲器的下方安裝了一個由3D列印技術客製化開發的轉接環。在這個轉接環的兩側，分別安裝了紅外線感測器，一側為紅外線發射端，另一側為接收端。當斜紋夜蛾通過轉接環模組時，紅外線被遮斷，裝置可以此判斷斜紋夜蛾是否通過感應處。微處理器在接收到紅外線遮斷訊號後，便自動記錄通過感測器的害蟲數量。經過田間測試驗證，比對人工計數與紅外線自動偵測數量的結果，該裝置



圖一、斜紋夜蛾自動監測陷阱系統資訊流架構圖。

的準確度可以達到85%以上，足以滿足實際應用的需求。

NB-IoT (Narrowband Internet of Things) 是一種基於4G網路的窄帶無線通信技術，具有低功耗、廣覆蓋、低成本、高可靠性和強安全性的特點，適合大量物聯網設備的應用情境。它可以提供空間上的深度覆蓋，即使在信號較弱的環境下也能穩定運作，並支持大量設備同時連接，且利用獨立頻段降低干擾，確保數據傳輸可靠性，並採用電信級加密和身份認證技術提升安全性，是環境監測應用的理想選擇。因此，這款斜紋夜蛾自動監測裝置採用了NB-IoT技術進行網路通訊，使得每個監測點都具有獨立的聯網能力，藉由NB-IoT技術的良好的穿透性和覆蓋能力，即使在信號較弱的農田邊緣，也能保持穩定的數據連接，降低了監測點布建的空間限制。這些數據經由NB-IoT模組透過4G行動通訊網絡連接至網際網路，並以MQTT（訊息佇列遙測傳輸）網路協定將數據傳送至雲端伺服器。收集的數據可以通過網頁瀏覽器採用視覺化圖表即時呈現，並儲存於資料庫中，完成整個數據傳輸流程(圖二)。

四、監測預警服務功能

目前，這款自動監測陷阱已在雲林縣麥寮鄉、二崙鄉、崙背鄉及褒忠鄉等地區進行佈署測試(圖三)。測試範圍涵蓋面積約達100平方公里，在測試區內選擇作物田區密集處共設置了26組監測裝置。監測系統會以15分鐘的間隔自動上傳數據，使用者可以通過電腦或智慧手機，隨時查看斜紋夜蛾的即時誘捕數量及密度變化動態。

圖二、斜紋夜蛾自動監測陷阱設置於田間。

圖三、斜紋夜蛾自動監測點佈署分布圖。

圖四、系統於LINE推播之斜紋夜蛾密度預警訊息。

除了自動監測資料收集及雲端資料儲存外，該系統還可以結合推播應用服務。基於事先設定的警示閥值，當單日累計數量超過該閥值時，系統會自動通過LINE Notify進行即時推播(圖四)，通知農民最新的田間害蟲族群密度與發生熱區空間分布概況，以利及時採取防治措施，避免蟲害在高風險區域擴散，進一步減少農作物損失。這種即時通報的方式以快速且視覺化的方式提供空間預警資訊，可以協助農民更有彈性的調度蟲害防治資源，而能更好地應對斜紋夜蛾帶來的威脅。

五、自動監測陷阱技術應用的效益與展望

利用自動監測及4G NB-IoT技術開發的斜紋夜蛾長期監測系統，適合於遠距離和大範圍的監測佈署。該技術不僅能節省通訊費用，還能顯著降低傳統監測方式所需的人力成本，並提供自動化的害蟲數量計算功能。此外，該系統的警示通報功能進一步為農民提供了更準確的防治時機和區域性蟲害風險評估資訊，有望減少化學農藥的使用量和殘留風險，既節省了農藥成本，也確保了農作物的收成不受蟲害影響。而且該系統還能根據不同害蟲的特性進行模組調整更換，擴展應用至其他害蟲的監測防治工作，為農業害蟲防治提供了一個更全面和智慧化的解決方案。

總結來說，斜紋夜蛾自動監測系統的推出，為我國農業的害蟲防治工作帶來了嶄新的技術支援。它不僅提升了監測的精確性和效率，通過即時數據分析和警示通報功能，還可以有效降低農藥使用的依賴度，兼顧作物品質和食品安全。隨著技術的進一步成熟和應用範圍的擴大，這一系統有望成為未來農業害蟲防治的主流關鍵決策輔助系統之一。

菇類栽培後資源物作為生質燃料之潛力評估

農試所植病組 黃棨揚 呂昀陞

一、前言

為解決因溫室氣體導致全球性極端氣候異常之問題，永續發展與淨零碳排議題為跨越國家或經濟體的共識。在2023年落幕之第二十八屆聯合國氣候大會(Conference Of the Parties, COP)中，與會之兩百個國家共同作出“能源系統轉型，減少化石燃料使用”的決議(Transitioning away from fossil fuels in energy systems)，以減少溫室氣體對環境之影響。我國係出口導向型之國家，而國內重要業者，如台積電、鴻海等企業已選擇加入RE100等國際協議，並公開宣布將於2040年前達成以100%再生能源進行產品生產的時間表。針對國內產業不斷增加之再生能源需求，我國政府亦隨之調整政策，修正過往倚賴煤炭與天然氣等化石能源發電為主之能源占比，並期盼於2025年度達成全國綠能發電，能占總電能之20%。在眾多再生能源之選項中，生質能由於具備可穩定供能，且不受季節與氣候等因素降低發電效率之特點，因而在全球範圍被廣泛使用，同時還可以有效去化農業資源物，對於產業永續發展與淨零碳排同時貢獻心力。本文將以運用菇類栽培後資源物作為生質燃料為例，說明生質能源在產業應用前景。

二、國際碳關稅與我國綠能規劃

我國產業發展與全球市場息息相關，據臺灣碳權交易研究所資料顯示，我國出口產值佔全國國內生產毛額(Gross Domestic Product,GDP)之比重已經超過6成，其中我國產品兩大主要出口市場，歐盟與美國已分別宣告將於2026與2024年依據”碳邊境調整機制”(Carbon Border Adjustment Mechanism, CBAM)與”清潔競爭法案”(Clean Competition Act, CCA)，針對進口產品於生產過程所使用之能源課徵相關碳稅，例如歐盟就明訂，針對非歐盟生產商之產品，其碳定價(包含碳稅、碳費或其他被認可之碳交易制度碳價)若低於歐盟碳排放交

作　　者：黃棨揚助理研究員
連絡電話：04-23317527

易系統(European Union Emission Trading Scheme)訂定之碳價，需額外購買相對應之CBAM憑證，才可進入歐盟關稅區進行交易。此類非關稅貿易障礙行為，雖然與傳統國際貿易間之關稅障礙或產業政策補貼有所不同，但仍會直接提高我國產品在國外市場的售價，降低消費者購買意願，也會間接墊高生產成本，使業者在製造過程時必須採用比起非火力發電更高昂之再生能源。根據臺灣電力公司資料，我國火力發電成本自2024年五月底為止為3.02元/度，再生能源中只有水力發電之成本之2.28元/度，低於此標準，其餘風力發電3.54元/度、太陽光電4.08元/度、地熱5.31元/度，皆高於火力發電之成本。因此針對我國再生能源轉型之缺口，經濟部已分別針對展綠、增氣、減煤與非核等四個面向訂定推動方針，增氣與減煤為希望降低火力發電之碳排放量，而展綠則係藉由政策補助之模式，提升我國再生能源發電產能之佔比，預計在2025年達成再生能源達20%總電能之目標。然以2023年為例，根據經濟部能源署能源統計月報資料顯示，目前太陽光電佔我國總能源之4.58%、其次為離岸風機等風電2.2%、慣常水力1.4%、固體再生燃料(廢棄物焚化爐)1.2%、生質能0.08%、地熱0.01%，上述再生能源之總佔比僅為9.47%，顯示我國目前再生能源之現況與政策目標仍有差距，但也同時凸顯此類再生能源產業仍有極大之發展空間。

三、再生能源與生質能發展現況

我國再生能源目前佔比最大為太陽光電與離岸風機等風電，因其具備工業化標準產品生產線且可大量製造與架設，但此類能源極易受到季節與外在氣候環境影響，其中太陽光電除產能上受地球自轉週期與地區氣候影響，在我國好發之雨季，如梅雨期、夏日颱風期或冬日東北季風期間，降雨地區幾乎無法穩定產生太陽能源。此外太陽能產業之發展，需要大量土地，因此可能會與我國農業、養殖漁業競爭使用空間，雖然目前已有部分農產業，如菇類、香草蘭產業已有與光電結合之案例，但多數人還是認為光電結合農業可能間接減少作物產量；此外，離岸風機於運作時，會產低頻噪音，進而影響周圍住戶生活品質，且在離岸架設風機時，也會對海岸原生態之生物相造成改變。此外，季節差異對風電之影響比光電更為嚴重，根據臺灣電力公司的再生能源發電概況統計顯示，我國超過七成的風電產能集中在每年的10月至隔年3月間，然而每年春夏季(3月至10月)才是我國用電高峰期，但此時期風電產能僅佔整年度風能之3成，倘若此期間需由再生能源供給電能，則僅能仰賴易受雨季干擾之光電供給，對維繫我國供電穩定之能源備載容量率影響極大，而再生能源除太陽能源和風力外，也包含生質能，其不但具備不受氣候與季節影響之特點，更可減少

對化石燃料之使用，極具潛力成為提升我國能源備載容量率之堅定基石。

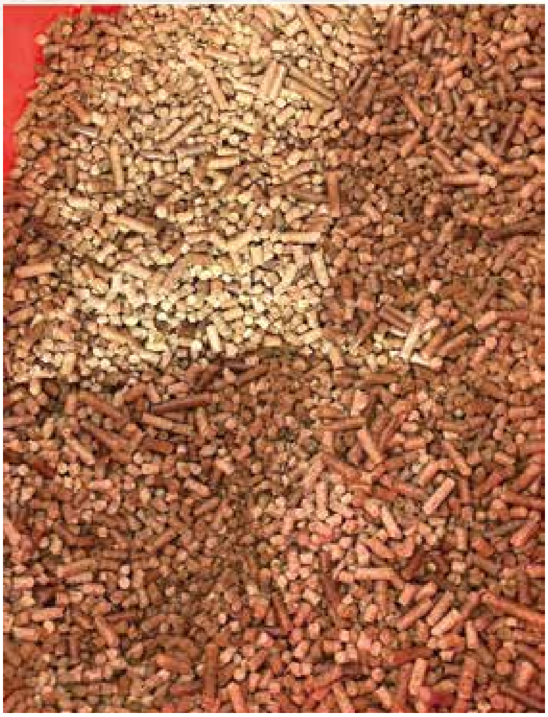
四、什麼是生質能

生質能通稱於將有機物經過轉化、加工或直接利用後來產生能源的模式，因其產能之主要成分為有機物，故實際應用上包含動植物資源物、藻類與都市生活廢棄物等，並可依據其狀態區分為固態(如：木質顆粒之固態生質燃料)、液態(如：蔗糖發酵之生物柴油)、氣態(如：豬糞尿產生之沼氣)等三種，此三類生質能中，固態生質能具有較少加工步驟，且具便於保存與儲運之特點，故目前全球約有84%之生質能皆來自固態生質能(張與羅，2021)。另外因全球各地之有機物樣態繁多，加上各地生產之有機物相異，故目前可從原物料成分將固態生質能分為六大類，分別為農業資源物、畜牧資源物、林業資源物、木材資源物、工業資源物與都市生活固體廢棄物等(王，2023)。在這些固態生質能中，農業資源物泛指農事操作過程中所產生具可分解性之有機物或不可分解之資材，前者如水稻採收後產生之稻稈，後者如農地所用之農地披覆塑膠布，或溫網室之塑膠棚布等。此類有機物之產生會依據作物生產季節與各地主要作物種類而有所差異，導致後續製造生質燃料出現季節性缺料之問題，嚴重影響產品生產線之穩定，而菇類栽培後資源物，特別是來自週年穩定生產之金針菇或杏鮑菇等菇種，則可配合每日菇體採收，穩定供應生質燃料原料(圖一)，避免生質燃料產線出現缺料之問題，因此運用此類菇類資源物原料作為固態生質能為一大利基。

五、菇類資源物作為固態生質燃料之潛力

菇類產業為我國蔬菜作物之重要支柱，根據統計菇類產業年產值已經超過100億新台幣，並佔我國整體蔬菜作物產值之18%(劉等，2016)。其中因我國菇類產業持續發展，在產值提升的同時，每年也會產生相應之菇類栽培後資源物，據估算，國內每年以5億包太空包的生產狀況，至少會產生50萬公噸之菇類栽培後資源物(呂與余，2021)。這些資源物中，成分多為富含纖維素、木質素之木屑或玉米芯，雖經過菇類菌絲利用後，

圖一、金針菇之菇類栽培後資源物。



圖二、以龍眼木生產之木顆粒生質燃料。

圖三、本所與虎尾科技大學合作，以杏鮑菇資源物製造之固態生質燃料顆粒。

仍餘下約6-7成之成分，尚未分解利用(劉等，2000)，其中木質素在高溫擠壓下具黏合效果，因此可作為天然的造粒黏著劑，當經過粉碎、乾燥、擠壓成型、集塵、冷卻、保存分裝等步驟後，即可將菇類栽培後資源物作為固態生質燃料顆粒使用。菇類生質燃料之研究在國外已有多篇相關報導，其中香菇栽培後資源物經熱裂解 (Pyrolysis)處理後可製造熱值達19.5 MJ/ kg (約4657 kcal/kg)之固態生質燃料，或是洋菇堆肥介質經水熱碳化(Hydrothermal carbonization) 處理後，單位熱值也可達14.9 MJ/ kg(約3558 kcal/kg)(Leong, et al.,2022)，在中國大陸亦有針對香菇栽培後資源物進行乾燥，直接燃燒後轉換為用於太空包消毒或庫間保溫之能量來源 (米等，2005)，或專門做為鍋爐燃燒材料使用；李氏（2009）之的研究指出1500個香菇廢菌棒產生的熱能，產生之蒸氣熱量，可供3100個香菇菌棒滅菌之用。此外菇類固態生質燃料，比起甲醛殘留風險更高之木顆粒燃料(圖二)或含有高氯比例之廢棄物燃料顆粒，在成份上更為單純，因此對於後端燃燒發電鍋爐之影響也較低，具應用優勢。本所過去與虎尾科技大學合作，利用週年生產之金針菇與杏鮑菇栽培後資源物進行造粒測試(圖三)，評估其生質燃料造粒性與內部熱值。結果顯示以木屑為主之杏鮑菇栽培後資源物或以玉米芯為主之金針菇栽培後資源物，在熱值表現上約為3500-4000 kcal/kg，接近石化燃料中煤球之熱值3800 kcal/kg。此類菇類生

質燃料不僅能協助去化過剩之栽培後資源物，於使用上比起不可再生之煤球更具永續性，顯見我國菇類栽培後資源物具有作為固態生質燃料之應用潛力。而菇類生質燃料之使用，除了可用於發電之專爐專燒模式外，還可作為蒸氣之來源，應用於工業各項生產環節中，也可比照瑞典、日本、韓國等模式，在發電過程中取代部分化石燃料進行發電(黃與羅，2023)，達成同時兼顧燃燒效率與減少二氧化碳排放之雙贏目標。

六、展望

我國為能源高度仰賴進口之海島型國家，無論是為維繫全球市場之產品競爭力，或是確保我國之能源安全，皆有推廣可持續發展的再生能源之必要性，其中生質能又因其可穩定發電之特性而可做為提升我國能源備載率之基石。菇類固態生質燃料雖然目前仍在發展階段，相應之產業鏈也尚未成形，但從產業面或研究中之實際燃燒熱值來看，皆有其未來發展性。目前國內應用固態生質燃料仍需產官學三方共同合作，尋求可行之產業營運模式，藉由凝聚社會共識，使我國之生質能於再生能源中發揮更關鍵的角色，成為我國綠能的未來新方向。

七、參考文獻

王滄榮。2023。從國際生質能料源運用類別研析我國推動方向及課題。臺灣經濟研究月刊；22-30。

米青山、王尚堃、宋建華。2005。食用菌廢料的綜合利用研究。中國農學通報；21:287。

李嬌。2009。淺析迴圈利用食用菌廢菌棒項目的效益及技術操作。安徽農學通報；15:219。

呂昀陞、余祥萱。2021。菇類栽培後介質再利用之模式與菇類菌絲體成型技術開發之展望。國際農業科學新知；20-26。

張仲豪、羅時芳。2021。固態生質燃料產業趨勢分析及展望。經濟前瞻；93-96。

黃品翔，羅時芳。2023。日韓固體再生燃料發展趨勢及對我國推動發展之啟示。經濟前瞻；81-86。

劉曉牧、王中華、李福昌、高秀華。2000。菌糠的營養價值及應用。中國飼料；18:29-30。

劉育姍、康瑋帆、呂昀陞、石信德。2016。我國菇類產業現況與技術發展策略分析。農政與農情；285:64-69。

Leong, Y. K., Ma, T. W., Chang, J. S., & Yang, F. C. 2022. Recent advances and future directions on the valorization of spent mushroom substrate (SMS): A review. Bioresource technology, 344, 126-157.

國家溫室氣體排放清冊報告之農業土壤排放源介紹

農試所產服中心 黃家康

一、前言

隨著全球對於淨零議題的關注，我國於2021年4月22日世界地球日由蔡英文前總統宣示於2050年達成淨零排放，並且於2023年2月15日將溫室氣體減量及管理法(以下簡稱溫管法)修法為氣候變遷因應法，修正通過後，該法之施行細則亦於2023年12月29日完成修正，其中有關國家溫室氣體排放清冊報告的發布期程，由原先溫管法時期的每年12月底提前至每年6月30日前，顯見我國政府對於推動淨零之決心。

聯合國氣候變化綱要公約(UNFCCC)於1994年生效，規範締約國有義務提供相關履行的訊息，包含編製溫室氣體排放源與移除匯的清單，聯合國政府間氣候變化專門委員會(IPCC)亦發布盤查指南，協助締約國編製國家溫室氣體排放清冊報告(NIR, National Inventory Report)，我國雖非UNFCCC締約國亦非聯合國會員國，但我國編製之國家溫室氣體排放清冊報告，仍係依據IPCC盤查指南之架構及計算方式。

作　　者：黃家康助理研究員
連絡電話：04-23317655

作為唯一可檢視淨零是否達成的重要文件，我國自2014年起即開始發布國家溫室氣體排放清冊報告，統計自1990年起至發布前二年之溫室氣體排放資料。2024年度係首次依據新修正通過之氣候變遷因應法及其施行細則規範之期程完成發布作業，目前各年度編製之清冊，係依照IPCC 1996年版盤查指南的架構，其中與農業活動有關的內容主要為第五章農業部門及第六章土地利用、土地利用變化及林業部門，農業部門內應探討的排放源可分為與畜牧有關之禽畜腸胃發酵及禽畜糞尿處理、與農糧有關之水稻種植、農業土壤、尿素施用、作物殘體燃燒、石灰處理等。依據2024年發布之國家溫室氣體排放清冊報告，2022年農業部門各排放源佔比如圖一所示，本文僅先就清冊中農業部門中之排放量最大的農業土壤排放源進行探討。

二、農業土壤溫室氣體之計算方式

農業土壤為氧化亞氮主要排放源之一，氧化亞氮的暖化潛勢為265，遠高於二氧化碳和甲烷。我國國家溫室氣體排放清冊中對於氧化亞氮排放量的計算，

係以排放係數(即每單位氮素投入量可造成的氧化亞氮排放量)乘以活動數據(即氮素投入量)而得。

農業土壤造成之氧化亞氮排放可分為直接與間接，直接排放係因氮素投入於土壤中，使土壤有效性氮增加、脫氮量增加而形成；間接的排放途徑則有揮散及淋洗/逕流兩種，揮散係因施用含有氮素之肥料造成之氨(NH_3)及氮氧化物(NO_x)揮散，經大氣沉降作用回到土壤或水體再形成氧化亞氮；淋洗或逕流是在降雨量大於蒸發量或有灌溉的地區造成之氮損失。

為計算農業土壤的直接排放量，須先取得排放係數與活動數據。目前國家溫室氣體排放清冊中所採用的農業土壤氧化亞氮排放係數，係依據 IPCC 2006 年版盤查指南之建議值。表一列出清冊中農業土壤氧化亞氮直接排放係數，表二則為農業土壤揮散、淋洗/逕流係數及排放係數。

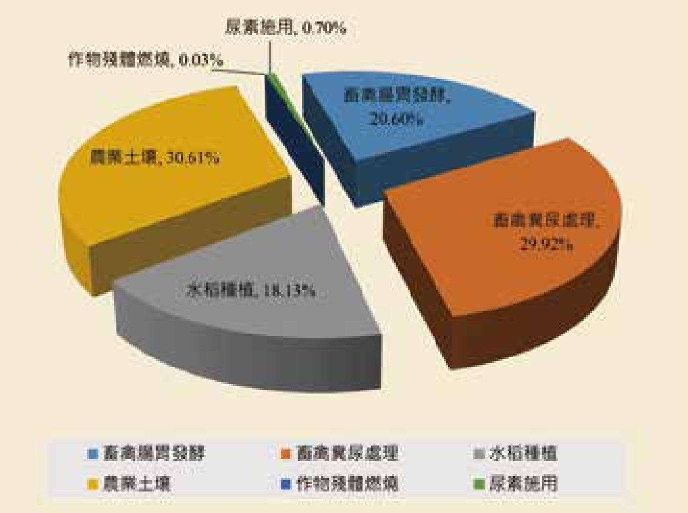
計算農業土壤排放的氧化亞氮因其排放原理主要涉及氮的投入，故需要考量的活動數據包含：化學肥料之含氮量、有機肥料之含氮量及作物殘體含氮量，IPCC 指南雖有土地利用造成礦質土壤中土壤有機碳損失造成的礦化氮量、有機土壤造成之排放及放牧牲畜糞尿投入到放牧土壤等項目，但因我國並不適用，故未予納入統計。有關國家清冊中氧化亞氮排放量計算，詳述於下一段落。

三、我國農業土壤產生之氧化亞氮

我國計算農業土壤造成之氧化亞氮排放，所需活動數據來自於政府統計資料，包含：化學肥料施用量、有機肥料施用量及作物殘體量(如表三)。

化學肥料施用量，引用自農糧署臺灣地區肥料產銷量(值)統計，並透過含氮量計算氮投入量；有機氮來源的含氮量引自綠色國民所得帳禽畜舍墊料及堆肥，經乾物重及含氮量計算氮素投入量。

區分用於水田及旱田之氮素投入量係參考農糧署執行稻穀生產成本調查中所統計之每公頃水田肥料用量(包含化學肥料及有機肥料)，推估水田所用之化學肥料用量及有機肥料用量，經含氮量計算後，得出用於水田之氮素投入量。



圖一、2022年農業部門溫室氣體各排放源占比。

資料來源:國家溫室氣體排放清冊報告，2024。

表一、農業土壤直接排放係數(EF)及其不確定性範圍

類別	農業土壤直接排放係數（kg N_2O - N/kg N）	不確定性範圍
旱田	0.01	0.003-0.03
水田	0.003	0.000-0.006

資料來源：IPCC 2006年版指南。

表二、揮散、淋洗/逕流係數及排放係數整理

因子		IPCC 2006預設值及其不確定性範圍（kg N_2O - N/kg N）	
揮散	化學肥料之揮散係數	0.10	0.03-0.3
	有機肥料之揮散係數	0.20	0.05-0.5
	揮散之排放係數	0.010	0.002-0.05
淋洗/逕流	淋洗係數	0.30	0.1-0.8
	淋洗之排放係數	0.0075	0.0005-0.025

資料來源：IPCC 2006年版指南。

表三、2022年度農田土壤化學肥料總氮投入量計算

含氮肥料類別	硫酸銨	尿素	硝酸銨鈣	複合肥料
肥料施用量(公噸)	84,235	30,513	750	616,190
含氮比例	21%	46%	20%	17.3%
氮施用量(公噸)	17,689.35	14,035.98	150	106,600.87
化學肥料總氮投入量(公噸)	138,476.2			

資料來源：臺灣地區肥料產銷量值。

表四、2022年度有機肥料總氮投入量計算

含氮肥料類別	用量(公噸)	乾物比	含氮量	有機肥料總氮用量(公噸)
禽畜舍墊料	129,214	0.78	2.4%	49,002.50
堆肥	2,488,441			

資料來源：綠色國民所得帳。

表五、2022年度水田、旱田經由施肥之總氮投入量計算

總氮投入量(公噸)		水田氮投入量(公噸)			旱田氮投入量(公噸)
		一期作	二期作	總計	
化肥	138,476.2	33,718.81	20,498.14	54,216.95	84,259.25
有機	49,002.50	168.64	36.49	205.13	48,797.37
總計				54,422.08	133,056.62

資料來源：農業部農糧署。

將總氮素投入量扣除用於水田之氮素投入量後，即為投入旱田之氮素投入量。作物殘體含氮量於水田係採用綠色國民所帳水稻殘體掩埋量；旱田的部分是農業統計年報的作物產量，以乾物質比、殘體比及含氮量計算出氮素投入量。

以尿素為例，2022年全台使用量為30,513公噸，以含氮量46%計算，使用尿素的氮投入量即為14,035.98公噸，表三、表四分別為化學肥料及有機肥料總氮投入量計算，表五為區分水田和旱田施氮量之計算。作物殘體投入回農田造成的氧化亞氮排放，如表六所示。表七為農業土壤直接排放之總和，2022年度我國的排放量為677千公噸二氧化碳當量。

農業土壤的間接排放部分，揮散的計算，須考量的項目包含化學肥料含氮量及有機肥料含氮量，乘以各自之揮散係數0.1及0.2，再乘揮

散之排放係數0.01。以尿素為例，尿素的氮投入量為14,035.98公噸，經計算約有5,845公噸的二氧化碳當量排放，換算每公斤尿素施用，會有0.1916公斤二氧化碳當量透過揮散排放至大氣中。算式如下：

14035.98×0.1×0.01×44÷28×265=5844.9831

其中乘以44再除以28為將氮排放量換算為氧化亞氮排放量；乘以265係將氧化亞氮排放量轉換為二氧化碳排放當量。

淋洗/逕流須同時考量化學肥料、有機肥料及作物殘體之氮投入量，乘以淋洗係數0.3再乘以淋洗之排放係數0.0075，即為淋洗/逕流所產生的氧化亞氮排放。以尿素為例，2022年尿素之氮素投入量為14035.98公噸，尿素因淋洗/逕流排放的氧化亞氮約有13151.2公噸二氧化碳當量(算式為14035.98×0.3×0.0075 ×44÷28×265)，即每公斤尿素施用會有0.43公斤之二氧化碳當量排放。

2024年度發布之清冊顯示，2022年之農業土壤因揮散造成之氧化亞氮排放為 371.63 公斤(98.48 千公噸二氧化碳當

表六、2022年度農業土壤作物殘體總氮投入量計算

作物	產量類別	產量 (公噸)	殘體量 (公噸)	含氮量	氮投入量 (公噸氮)
水稻殘體	乾物		1,817,7921	0.007	12,724.5
非固氮穀類作物 (不含水稻)	乾物	109,508	147,442	0.007	1,032
非固氮穀類作物	鮮物	130,561	43,947	0.008	352
固氮作物	乾物	64,891	108,063	0.008	865
	鮮物	89,974	36,224	0.016	580
根莖類作物	鮮物	720,932	65,028	0.016	1,040
固氮綠肥	鮮物	998,986	998,986	0.0048	4,795
非固氮綠肥	鮮物	124,947	124,947	0.0021	262
非固氮牧草	鮮物	980,032	33,0602	0.015	496
總計					22,146

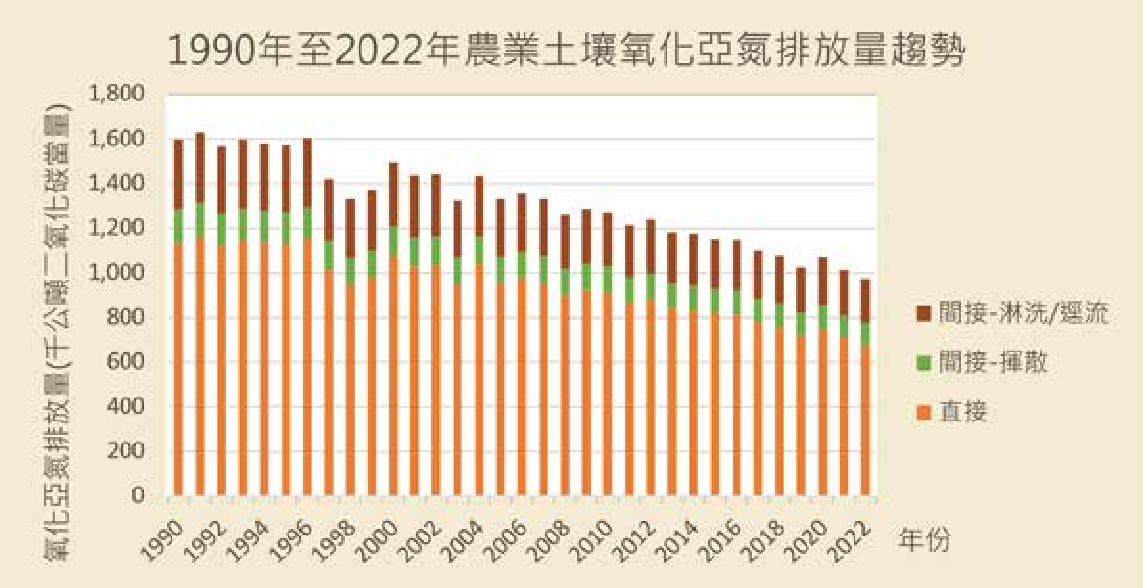
資料來源：2023年綠色國民所得帳、2023年農業統計年報。

備註：1. 水稻殘體量自2001年起直接引用自綠色國民所得帳，未透過水稻產量推估。2. 非固氮牧草更新頻率係參考農業部補助基準:「同一田區3年內以1次為限」，假定為3年1次。

表七、2022年度農業土壤直接排放計算(單位：公斤)

氮素來源		化學肥料	有機肥料	作物殘體
水田	氮投入量(Kg)	54,216.95	205.13	12,724.5
	N_2O-N係數	0.003		
	N_2O-N排放量	162.65	0.62	38.17
旱田	氮投入量(Kg)	84,259.25	48,797.37	9,421.5
	N_2O-N係數	0.01		
	N_2O-N排放量	842.59	487.97	94.22
N_2O-N合計		1,626.22		
分子量換算		44/28		
N_2O排放量		2,555.49 Kg N2O (677千公噸CO_2e)		

資料來源：2023年臺灣地區肥料產銷量(值)、綠色國民所得帳、農業統計年報。



圖二、1990年至2022年農業土壤氧化亞氮排放量。資料來源: 2024國家溫室氣體排放清冊報告。

表八、2022年度農業土壤氧化亞氮間接排放量計算

	化學肥料	有機肥料	作物殘體
氮投入量(Kg)	138,476.2	49,002.50	22,146
揮散係數	0.1	0.2	
揮散之N_2O-N係數	0.01		
揮散N_2O-N排放量	138.48	98.01	
分子量換算	44/28		
揮散總排放量	371.63 kg N_2O (98.48 千公噸CO_2e)		
淋洗係數	0.3		
淋洗之N_2O-N係數	0.0075		
淋洗/逕流N_2O-N排放量	311.57	110.26	49.83
分子量換算	44/28		
淋洗/逕流總排放量	741.17 kg N_2O (196.41 千公噸CO_2e)		

資料來源：同表七。

表九、農業土壤排放量加總 (單位 kg N_2O)

排放方式		化學氮肥	有機肥料	作物殘體	總計
直接	水田	255.59	0.97	59.98	316.54
	旱田	1,324.07	766.81	148.06	2,238.94
間接	揮散	217.61	154.02	-	371.63
	淋洗/逕流	489.61	173.27	78.30	741.18
總計		2,286.88	1,095.07	286.34	3,668.29(972千公噸CO_2e)

資料來源：同表八。

量)，2022年度之淋洗/逕流造成之氧化亞氮排放為741.17公斤(196.41 千公噸二氧化碳當量)，詳如表八。

將直接排放與間接排放相加後即為農業土壤排放源總量，2024年度統計2022年之農業土壤氧化亞氮排放為3,668.29 kg (972千公噸二氧化碳當量)，計算方式如表九所示。歷年農業土壤之排放量如圖二所示，整體趨勢呈現下降，與1990年相比，已減少將近40%，主要與農業活動減少有關。

四、後續改善規劃

(一) IPCC 自2019年發布精進版的指南後，已將2006年版的預設值值及不確定性進行大幅度更新，部分排放係數更依不同氣候條件發佈特定係數供不同氣候的國家引用。目前我國113年清冊所採用之IPCC預設係數，於不同部門間採用情形不盡相同，農業部門目前仍採IPCC 2006之預設係數。考量IPCC 2019之精進版指南於量測精度及適當之分層劃分，均較2006版之指南細緻，後續凡涉及依據方法一之溫室氣體計算方式，排放係數建議應採用2019年版之係數。

(二) 建立農業土壤直接氧化亞氮排放之本土係數：由於我國清冊目前在農業土壤採用之氧化亞氮排放係數為IPCC之預設值，僅區分出旱田及水田兩項，目前農業部及所屬試驗改良場所正透過執行淨零綱要計畫建立本土之氧化亞氮排放係數，後續將依據試驗結果，將大類作物之量測結果歸整，取代農業土壤直接排放之IPCC預設值。

五、結語

淨零的腳步，自IPCC第六次評估報告發布以來，益受各界重視。但真正要推動淨零，必須先瞭解國家層級溫室氣體排放的狀況，方能規劃適當之減量措施，以我國第二期農業部門溫室氣體排放管制行動方案為例，當中列有推動合理化施肥之項目，即係針對農業土壤排放源投入減量之措施，以尿素為例，減少1公斤之尿素使用，在本項排放源可減少1.167- 2.538公斤的二氧化碳當量，具相當之減量效益。我國國家溫室氣體排放清冊報告之架構及計算方式均係參考IPCC指南，具有可比較性、一致性等原則。透過後續不斷補強本土排放係數，將可更為精準評估我國農業部門溫室氣體排放總量及主要排放源，作為後續溫室氣體減排規劃之重要參考。

六、參考文獻

環境部，2024國家溫室氣體排放清冊報告，2024。

行政院農業委員會，中華民國112年農業統計年報，2023。

行政院主計總處，綠色國民所得帳編製報告，2023。

IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006.

避免氣候變遷加劇稻熱病威脅 關鍵防治時機在苗期

本所114年1月22日新聞稿

農試所植病組 陳繹年 蔡志濃

稻熱病是影響臺灣第一期水稻收成與稻穀品質最重要的真菌性病害，經過108年3月中旬嘉南地區稻熱病大規模爆發，以及113年臺南與臺東關山地區第二期稻作的病情加劇，突顯臺灣稻熱病的發生生態正隨氣候變遷發生變化。農業部農業試驗所歷經多年對水稻稻熱病菌的生態研究，發現帶菌稻種及稻穀是該病害的初期感染源，建議農友採「預防性」管理策略，於水稻插秧後20至30天內即進行施藥預防。

根據Copernicus氣候服務資料，113年全球均溫首次超過工業化前1.5℃，創下史上最暖紀錄。氣候變遷帶來的溫度升高與水資源變化，不僅影響作物適種區域，也加速病蟲害的威脅，對農業生產構成嚴峻挑戰。農業試驗所說明，長期以來，第一期稻作（1至6月）稻熱病主要在清明節前後爆發，然而，隨著氣溫升高，第一期稻作的發病時間有提前趨勢；第二期稻作的發病頻率與嚴重程度亦逐年上升，突顯氣候暖化增加稻作病害管理的新挑戰。

農試所調查發現，108年嘉南地區稻熱病提前爆發的主因可能與當年1、2月均溫較歷年同期高出2至4℃有關。異常高溫促使水稻與病菌生長加速，導致病害提早發生。該所研究進一步指出，臺灣稻熱病菌具有不同病原性菌群，其中適應高溫的菌群已隨年均溫升高逐漸成為優勢族群，並呈現明顯的流行變遷。此研究成果已發表於國際期刊，為稻熱病防治提供重要參考依據。農試所強調，消毒不完全的帶菌稻種或稻穀是稻熱病的主要初期感染來源。第一期稻作的帶病秧苗於插秧後約30至35天即出現感染病斑，兩週內每叢稻株的病斑數更可達200個以上。然而，多數農友在插秧後40至45天才開始施藥，此時病害已進入發展中期，防治成本與難度將大幅增加。為降低稻熱病造成的損失，農試所建議農友改採「預防性」管理策略，農友可在第一期稻作插秧30天及第二期稻作插秧20天時，選用25%普克利(0.8公升/公頃)，以防治稻熱病、紋枯病與胡麻葉枯病。同時搭配75%三賽唑(0.33公斤/公頃)或20%芬諾尼(0.67公升/公頃)作為預防性保護劑，以抑制病菌黑色素形成與再侵染。

面對氣候變遷對稻作栽培帶來的挑戰，農友需重新認識稻熱病的生態變遷與發病特性，並適時調整防治策略。農試所將持續提供最新研究成果與技術指引，協助農友有效應對病害威脅，確保水稻生產穩定發展。

作　　者：陳繹年助理研究員
連絡電話：04-23317523

狂賀 農業試驗所榮獲

農業部113年度績效評核-試驗機構及中心組第1名殊榮！

本所參加農業部所屬機關113年度績效評核，在研究產能的創新度、挑戰度、複雜度及重要政策連結度等構面均獲得農業部肯定，感謝所有努力辛苦付出的同仁，共同達成五大績效目標。

本項榮耀由林學詩所長帶領人事室主任及產服中心主任於114年2月20日前往農業部4樓410會議室參加頒獎典禮。

▲ 農業部陳駿季部長(右三)、與試驗機構及中心組獲獎機關首長共同合影。

▲ 農業部陳駿季部長(右四)、與本所林學詩所長(左三)及本所同仁共同合影。

本所113年亮點績效包括：

亮點1：作物抗旱、減災及價值鏈創新技術開發，策略性推動農產業升級。

亮點2：淨零基盤數據整備、技術開發與生態服務價值化，減緩氣候變遷及環境負荷。

亮點3：維持產量、降低損失與減少農藥風險的整合性作物病蟲害管理技術開發，有助於達成經濟、環境和社會三方面的永續發展。

亮點4：強化農業適應力及產業永續動力的育種價值鏈優化，培育並推廣耐逆境新品種，強化農業適應力及產業永續發展動力。

亮點5：目標導向之國際交流推動及強化分群分級農業教育訓練，有效提升國際能見度、產業競爭力及多元族群環境永續經營。

資料提供人事室 產服中心

農業試驗所

最新品種與技術授權資訊

水稻 ”台農77號”品種權

- 已授權：花蓮縣富里鄉農會(續約)
  電話:03-8821991 花蓮縣富里鄉羅山村9鄰東湖6號
- 已授權：聯米企業股份有限公司
  電話:04-8911133 彰化縣埤頭鄉彰水路二段526號
- 已授權：花東製米股份有限公司
  電話:03-8831012 花蓮縣富里鄉富南村公埔路186號
- 已授權：臺中市外埔區稻米產銷班第九班
  電話:04-26835866 臺中市外埔區大東里大馬路406號

水稻 ”台農82號”品種權

- 已授權：聯社糧食工廠
  電話:05-2359879 嘉義市西區玉山路98號
- 已授權：保證責任雲林縣新湖合作農場
  電話:05-6972425 雲林縣褒忠鄉新湖村復興路17-2號
- 已授權：三光米股份有限公司
  電話:04-8795123 彰化縣二水鄉南通路一段60號

菇類培植廢棄包
應用於設施栽培介質調配技術

- 已授權：森富旺環保生技有限公司
  電話:03-7551575
  苗栗縣竹南鎮建國路84巷17號
- 已授權：豐采菇業農企社
  電話:049-2431996
  南投縣國姓鄉長福村
  大長路186之3號

技術服務季刊
學術典藏

9 771017 086004
GPN：2007900008
定價：NT$50